

KATSAUS

ELEKTRONISEN MERIKARTAN

KEHITTÄMISEN JA NORMITTAMISEN

NYKYTILANTEeseen

MERENKULKUHALITUS
Merikarttaosasto
Juha Korhonen

1.11.1991



Tiivistelmä

Elektroninen merikartta on aluksilla navigointiin käytettävä vuorovaikutteinen tosiaikainen numeerinen merikarttajärjestelmä. Tässä esityksessä annetaan tilannekatsaus elektronisten merikarttojen määrittelyjen tämänhetkisestä kehitysvaiheesta lähinnä kartta-aineistojen tuottajan näkökulmasta. Esityksessä käsitellään elektronisen merikarttajärjestelmän ja sen toimintojen määrittelyjä sekä elektronisen merikartan edellyttämän kartta-aineiston tietosisältöön, tietojen siirtoon ja ajantasaistukseen liittyviä kysymyksiä. Lähdeluettelossa on mainittu keskeisimpiä elektronisiin merikarttoihin liittyviä julkaisuja.

Sisällysluettelo:

1. JOHDANTOA	1
Elektroninen merikartta	1
Elektronisen merikartan pääosat	1
Elektronisen merikartan toiminnot	2
2. KESKEISIMPIÄ MÄÄRITTELYJÄ	3
Laitteistoihin liittyviä määrittelyjä	3
Kartta-aineistoihin liittyviä määrittelyjä	3
3. ELEKTRONISTEN MERIKARTTOJEN KEHITTÄMISTOIMINTA	5
Elektronisten merikarttojen kehittämisen taustaa	5
Elektronisten merikarttojen nykyinen kehittämistoiminta	6
Elektronisiin merikarttoihin liittyviä kokeiluprojekteja	8
4. NUMEERISET MERIKARTTA-AINEISTOT	9
Kartta-aineistojen saanti	9
Kartta-aineistojen jakelu ja siirto	11
Kartta-aineistojen tiedonsiirtostandardiehdotus	11
Kartta-aineistojen ajantasaistus	12
5. ELEKTRONISIIN MERIKARTTOIHIN LIITTYVIÄ KYSYMYKSIÄ	13
Kartta-aineistojen tekijänoikeudet	13
Kartta-aineistojen oikeellisuus	13
Oikea käyttö ja turvallisuus	13
Luokitukset ja valvonta	14
Vaikutukset alusten miehityksiin	14
6. PAPERIKARTAN APUNA KÄYTETTÄVÄT ELEKTRONISET MERIKARTAT	16
LOPPUTOTEAMUS	17
Provisional Specifications for Chart Content and Display of ECDIS	18
Provisional Performance Standards for Electronic Chart Display Systems (ECDIS)	23
Lähdeluettelo	27

1. JOHDANTOA

Elektroninen merikartta

Elektronisella merikartalla tarkoitetaan aluksilla käytettävää vuorovaikutteista, tosiaikaista ja paikannusjärjestelmään liitettyä navigointiin käytettävää numeerista merikarttajärjestelmää. Termiä käytetään hyvin laajasti tarkoittamaan (joko erillisenä tai yhdessä) numeerista merikartta-aineistoa, ohjelmistoa ja laitteistoa, jotka pystyvät esittämään kartta-informaatiota.

Elektroninen merikarttajärjestelmä on vain pieni osa nykyaikaisen aluksen navigointijärjestelmästä, joka puolestaan on vain osa aluksen valvonta- ja hallintajärjestelmästä. Lyhyt yleiskuvaus elektronista merikartoista on esim. viitteessä [4] ja tarkempia määrittelyjä löytyy esim. viitteistä [10] ja [38].

Elektroniset merikartat voivat olla joko virallista painettua paperikarttaa korvaavia järjestelmiä tai paperikartan lisäksi navigoinnin apuvälineenä käytettäviä järjestelmiä. Kansainvälinen tutkimus- ja standardointityö on keskittynyt pääasiassa ensinmainittuihin järjestelmiin. Paperikarttaa korvaavan järjestelmän vaatimukset ovat niin suuret, ettei mikään käytössä oleva järjestelmä vielä tällä hetkellä täytä niitä. Tässä esityksessä käsitellään pääasiassa paperikarttaa korvaavia elektronisia merikarttoja ja niiden määrittelyjä.

Paperikartan lisäksi navigoinnin apuna käytettävät elektroniset merikartat ovat useimmiten toiminnoiltaan ja käyttöalueeltaan rajoitettuja, mutta käyttäjäystävällisesti toteutettuja järjestelmiä. Ne toteuttavat (rajoitetut) tehtävänsä yleensä hyvin, vaikka eivät voikaan kokonaan korvata painettua merikarttaa.

Elektronisen merikartan pääosat

Elektroninen merikartta koostuu seuraavista pääosista [4]:

Keskusprosessori, joka on normaalisti yleisessä käytössä oleva mikroprosessori tai näiden yhdistelmä tai minitietokone normaaleine käyttöjärjestelmineen.

Näyttölaite on yleensä graafinen värinäyttö tai useita näyttöjä sekä kartta-aineistojen että aakkosnumeeristen tietojen esittämiseen. NykYTEKNIikka rajoittaa vielä näyttöjen resoluutiota ja kokoa.

Operointilaitteisto ja käyttäjäliityntä ovat yleensä visuaalisia ja näppäimistöihin tai hiiri- ym. tekniikoihin perustuvia. Tulevaisuudessa voivat olla käyttökelpoisia myös esim. ääniliitännät.

Karttamuisti on suorasaantimuisti, johon kartta-aineisto talletetaan siirtovälineeltä. Kartta-aineisto on yleensä suojattu käyttäjän muutoksilta.

Karttojen päivitykset talletetaan erilleen alkuperäisestä kartta-aineistosta.

Paikannusjärjestelmä voi olla mikä tahansa jatkuvan paikannuksen antava järjestelmä tai niiden yhdistelmä. GPS-järjestelmä tulee lähivuosina olemaan yleisin paikannusjärjestelmä.

Tutka on yleensä digitaalinen ja tutkakuva voidaan haluttaessa piirtää näyttöön kartta-aineiston kanssa. Myös numeerista tutkakuvan ja kartta-aineiston yhteensovittamista suoritetaan joissain kokeilujärjestelmissä.

Muut liitännät järjestelmään voivat olla esim. sääantureita, kaikuluotain, aluksen syväysanturi, vuorovesianturi, erilaiset varoitusjärjestelmät sekä liitäntä aluksen automaattiohjausjärjestelmään.

Elektronisen merikartan toiminnot

Päätehtävänä elektronisella merikartalla on näyttää kullakin hetkellä alusta ympäröivän merialueen karttakuva, johon on yhdistetty aluksen paikan jatkuva näyttö sekä mahdollisesti tutkan antama kuva.

Kartta tulee esittää sopivassa mittakaavassa. Karttakuvan tulee sisältää ainakin kaikki merenkululle välttämättömät tiedot, joita ovat esim. rantaviivat, syvyystiedot sekä turvalaite- ja väylätiedot. Alustavissa määrittelyissä [6] ja [10] on esitetty miniminäytön ja oletusnäytön tietosisällöt. Myös muuta navigoinnille tarpeellista tietoa voidaan näyttää. Kohteet tulee esittää eri valaistusolosuhteissa riittävän selkeillä symboleilla ja väreillä. Raportissa [19] on määritelty alustavasti sellaiset värit ja mallit symboleille etteivät ne sekaannu muihin symboleihin (esim. ARPA-tutkan symboleihin).

Muita toimintoja elektronisella merikartalla voivat olla esim. reitinsuunnittelu ja reittilaskenta, reitinseuranta ja seurantatiedon keräys ns. mustaan laatikkoon, suunta- ja etäisyyslaskennat navigointikohteisiin, vuorovesilaskennat, varoitusten antamiset sekä erilaiset aputoiminnot. Osa näistä toiminnoista voidaan suorittaa navigoinnin aikana ja osa ennen navigointia.

Elektronisten merikarttojen hyöty navigoijalle on siinä, että hän saa keskitetysti yhdeltä laitteistolta kaiken oleellisen navigointiin tarvittavan tiedon graafisessa muodossa. Hänen ei tarvitse enää siirtää aluksen paikannusjärjestelmän antaman tai muuten määrittämänsä aluksen paikkaa paperikartalle, vaan hän voi keskittyä kokonaan aluksen navigointiin. Tällainen järjestelmä on edellytys, jotta voitaisiin siirtyä ns. yhden miehen vahtijärjestelmään, jossa aluksen komentosillalla on kerrallaan vain yksi henkilö. Julkisuudessa on mainittu useita merionnettomuuksia, jotka olisi todennäköisesti voitu välttää käyttämällä ECDIS-järjestelmää (esim. [9]).

2. KESKEISIMPIÄ MÄÄRITTELYJÄ

Seuraavassa on joitakin keskeisimpiä elektroniseen merikarttaan liittyviä määritelmiä. Kaikkien termien osalta ei ole vielä saavutettu yksimielisyyttä. Kaikille määrittelyille ei ole vielä olemassa hyviä suomen-noksia, joten niiden englanninkieliset versiot on esitetty kursiivilla suluissa. Tarkemmin määrittelyt löytyvät esim. viitteessä [38].

Laitteistoihin liittyviä määrittelyjä:

ECDIS

(Electronic Chart Display and Information System) on suomeksi lähinnä Elektroninen merikarttajärjestelmä. ECDIS näyttää tosiaikaisesti halutun karttainformaation yhdistettynä paikannus- (ja mahdollisesti muihin) tietoihin. Tällöin tarkoitetaan järjestelmää, joka periaatteessa voi korvata perinteisen navigointiin käytettävän painetun merikartan

ECDIE

(Electronic Chart Display Equipment) tarkoittaa ECDIS-laitteistoa ilman karttatietokantaa.

Paperikartan veroinen jär- jestelmä

(Paper Chart Equivalent). Tällä termillä tarkoitetaan sitä, että elektroninen merikartta voidaan hyväksyä paperille painettua merikarttaa vastaavaksi järjestelmäksi myös juridisessa mielessä. Tämä edellyttää mm. että vähintään sama informaatio on saatavilla kuin paperikartalla riittävän tehokkaasti turvallista navigointia varten, kartta-aineistoa voidaan päivittää paperikarttoja vastaavasti, elektroninen merikartta on oltava yhtä luotettava kuin paperikartta, historiallista tietoa elektronisen merikartan käytöstä on voitava tallentaa sekä että sen on tarjottava suojaukset mahdollisia järjestelmän virhetoimintoja vastaan. Yhtään järjestelmää ei ole vielä hyväksytty painettua merikarttaa korvaavaksi.

ECS

(Electronic Chart Systems). Mikäli järjestelmä ei täytä em. ECDIS-kriteerejä, niin sitä ei voida hyväksyä paperikarttaa korvaavaksi järjestelmäksi. Tällöin se on 'non-equivalent'-järjestelmä ja sitä voidaan käyttää navigoinnin apuna vain paperikartan lisäksi.

Kartta-aineistoihin liittyviä määrittelyjä:

ECDB

(Electronic Chart Data Base). Kansallisissa merikarttalaitoksissa ylläpidettävä numeerinen perustietokanta, joka sisältää merikartta- ja muuta navigointi-informaatiota.

ENCD

(Electronic Navigational Chart Data) on kansallinen hyväksytty merikartta-aineisto elektronista merikarttaa (ENC) varten.

ENCDB

(*Electronic Navigational Chart Data Base*) on kansallisista merikartta-aineistoista (ENC) muodostettu (alueellinen) perustietokanta.

ENC

(*Electronic Navigational Chart*) on rakenteeltaan ja tietosisällöltään standardoitu karttatietokanta, joka on tuotettu käytettäväksi ECDIS-laitteistoissa. ENC vastaa paperikarttojen ajantasaisia painoksia ja voi sisältää myös muuta navigointi-informaatiota, jota ei ole paperikartoilla (esim. loistokirjan tietoja).

SENC

(*System Electronic Navigational Chart*) on aluksen järjestelmän sisäiseen tietorakenteeseen siirretty ENC.

DX90

On epävirallinen lyhenne IHO:n tällä hetkellä kehittelyn alla olevalle numeeristen merikartta-aineistojen siirtostandardiehdotukselle (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data (Object Catalogue, DX90, Digitizing Conventions)*). Standardi sisältä määrittelyt kartta-aineiston siirrolle (perustuu ISO 8211 standardiin), kartta-aineiston luokittelulle ja digitointisäännöille. Standardiehdotukseen liittyy myös IHO:n toimesta kehitetty ohjelmisto, joka helpottaa kansallisten merikarttalaitosten aineistojen konversiota DX90-formaattiin.

3. ELEKTRONISTEN MERIKARTTOJEN KEHITTÄMISTOIMINTA

Elektronisten merikarttojen kehittämisen taustaa

1970-luvun loppupuolella alkoi tietotekniikka yleistyä myös laivojen navigoinnin apuna. Erilaisia karttanäyttö- ja navigointilaitteistoja tuli markkinoille. Alettiin puhua elektronisista merikartoista. Tätä nimitystä käytettiin hyvin erilaisista ja eritasoisista laitteistoista. Myös kansainvälinen merikartoitusjärjestö **International Hydrographic Organization (IHO)** kiinnostui aiheesta. Vuonna 1984 IHO:n alueellinen Pohjanmeren merenmittauskomissio **North Sea Hydrographic Commission (NSHC)** perusti työryhmän tutkimaan elektronisen merikartan kehittymistä. Vuonna 1986 työryhmä julkaisi raportin [1], jossa ensimmäisen kerran oli esitetty kootusti turvallisen navigoinnin elektroniselle merikartalle asettamia vaatimuksia. Tämän raportin suositusten mukaisesti IHO perusti vuonna 1986 **Committee on ECDIS (COE)** komitean tutkimaan ja kehittämään elektronisiin merikarttoihin liittyviä seikoja. Tämä komissio laati alustavat määrittelyt ECDIS-järjestelmille (*Provisional Specifications for Chart Content and Display of ECDIS*). Määrittelyjen ensimmäinen versio julkaistiin 1988 ja nykyinen versio 1.3 vuonna 1990 [10]. Liitteessä 1 on esitetty tiivistelmä em. määrittelyistä. Määrittelyjä kehitetään edelleen [37].

Kansainvälinen merenkulkujärjestö, **International Maritime Organization (IMO)**, määrittelee merenkulkua sääteleviä normeja, joita jäsenmaat sitoutuvat noudattamaan. Elektronisiin merikarttoihin liittyy mm. perussopimus '*Safety on Life at Sea Convention (SOLAS)*' vuodelta 1974 myöhempien täydennyksineen ja liitteineen. SOLAS (kappale V sääntö 20) määrittelee, että

'Jokaisessa aluksessa tulee olla riittävät ja ajantasaiset kartat, purjehdusohjeet, loistokirjat, tiedonantoja merenkulkijoille, vuorovesitaulut ja muut navigointiin liittyvät julkaisut, jotka ovat tarpeellisia aiotulle matkalle.'

SOLAS (kappale I sääntö 5) taas määrittelee, että em. dokumentteja vastaavat järjestelmät voidaan hyväksyä, jos ne ovat vähintään yhtä luotettavia kuin nykyiset ja jos ne ovat kunnollisesti testatut.

Näihin kohtiin nojautuen **IMO:n Maritime Safety Committee (MSC)** perusti vuonna 1985 työryhmän tutkimaan elektronisten merikarttojen turvallisuuskysymyksiä. Vuonna 1986 tämä työryhmä muutettiin **IMO/IHO Harmonization Group on ECDIS (IMO/IHO-HGE)** nimiseksi ja sen tehtävän on koordinoida IHO:n ja IMO:n kehittämis- ja standardoimistyötä.

IMO/IHO-HGE laati alustavat suorituskykystandardit elektronisille merikartoille (*Provisional Performance Standards for ECDIS*) [4], jotka Maritime Safety Committee hyväksyi vuonna 1989. Liitteessä 2 on esitetty tiivistelmä näistä määrittelyistä. Nämä standardiehdotukset ovat nyt kokeilu-, täydentämis- ja kehittämisvaiheessa. Erilaisia

kokeiluprojekteja on meneillään standardiehdotuksen testaamiseksi, esim. [27], [28], [29], [36]. Tarkoitus on, että vuonna 1993 voitaisiin hyväksyä lopulliset suorituskystandardit.

IHO:ssa on ollut vuodesta 1983 alkaen **Committee on the Exchange of Digital Data (CEDD)**, joka on alkuaan perustettu eri merikarttalaitosten välisten numeeristen karttatietojen siirron standardisoimiseksi. Tämän komitean esityksestä IHO hyväksyi vuonna 1987 ns. **IHO DX87**-siirtoformaatin [2], [3]. Tämä standardi ei kuitenkaan sovellu hyvin elektronisten merikarttojen tietojen siirtoon. Siksi CEDD ja COE komiteat määrittelivät yhdessä uuden ns. **DX90**-siirtostandardin [17], [18], [40]. Tämä standardi perustuu ISO 8211 standardiin ja lisäksi siinä on määritelty karttakohteiden ja niiden ominaisuuksien koodaus sekä digitointisäännöt. Muita standardivaihtoehtoja (esim. MACDIF, DIGEST) ei enää IHO:n toimesta tutkita.

Elektronisten merikarttojen nykyinen kehittämistoiminta

ECDIS-järjestelmien kehittämistä suoritetaan nykyisin monen organisaation toimesta eri puolilla maailmaa. Mm. raportissa [12] annetaan lyhyt historiikki ja yleiskuvaus tärkeimmistä IHO:n tutkimusaiheista ja kehittämiskohteista. IHO/COE komiteassa on nykyisin kuusi työryhmää käsittelemässä ECDIS-järjestelmiin liittyviä asioita.

ECDIS-määrittelyt

IHO/COE ECDIS-määrittelyjen asiantuntijaryhmä jatkaa edelleen ECDIS-määrittelyjen tarkentamista ja kehittämistä mm. käsittelemällä aiempiin määrittelyihin kokeiluprojekteista ym. tulevat muutosehdotukset ja kommentit.

Ajantasaistus

IHO/COE ECDIS-ajantasaistustyöryhmä selvittelee elektronisten merikarttojen ajantasaistukseen liittyviä kysymyksiä. IHO/COE ja INMARSAT-organisaatio tutkivat yhdessä INMARSAT (EGC) SafetyNet-linkin käyttöä ENC:n ajantasaistuksessa. Myös IMO:n Committee on Radiocommunications (COM) ja Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) tutkivat ajantasaistukseen liittyviä seikkoja.

Tietokantaratkaisut ja tiedonsiirtostandardit

IHO/COE tietokantatyöryhmä on perustettu yhteistyössä NSHC:n kanssa. Sen tehtävänä on yhdessä CEDD/FCWG:n (**Feature Code Working Group**) kanssa kehittää ja testata elektronisia merikarttoja varten tietokanta- ja tiedonsiirtomäärittelyjä. Työryhmä pyrkii muodostamaan Pohjanmeren eteläosasta yhtenäisen merikarttatietokannan kokeiluja varten. Työryhmä on järjestänyt mm. DX90-standardiin liittyvän seminaarin ja paperitestin, jolla testattiin kokeiluun osallistuneiden

maiden merikarttalaitosten DX90-standardin ymmärtämistä ja sen liittämismahdollisuuksia kansallisiin järjestelmiin. Useimmilla työryhmään osallistuvilla merikarttalaitoksilla on syyskuuhun 1991 mennessä valmiudet tuottaa ja ottaa vastaa merikartta-aineistoja DX90-formaatissa, jolloin todella päästään testaamaan DX90-standardia.

Em. työryhmä osallistuu myös CEDD/CCPWG (**Change Control Procedure Working Group**) työryhmän kanssa DX90-standardiin tulevien muutosehdotusten käsittely- ja hyväksymisjärjestelmän luomiseen ja kehittämiseen.

ECDIS-terminologia

IHO/COE ECDIS-sanastotyöryhmä yrittää yhtenäistää elektronisiin merikarttoihin liittyviä käsitteitä ja määrittelyjä. Heinäkuussa 1991 julkaistua sanastoa [38] tullaan täydentämään ja muuttamaan uusien termien ja määrittelyjen kehittymisen myötä.

Värit ja symbolit

IHO/COE värit ja symbolit -työryhmä on tuottanut raportit [8] ja [19], joissa on yksityiskohtainen esitys ECDIS symboleiksi ja väreiksi eri valaistusolosuhteita varten. Työryhmä käsittelee tähän ehdotukseen eri tahoilta tulevia tarkennuksia ja päivityksiä. Keskeisiä kysymyksiä työryhmän käsiteltävänä ovat mm. värimäärittelyjen tarkistamiset, näytöissä näkyvien symbolien esitysmuotojen määrittäminen (joko yleinen tai tarkka kartografinen esitys) sekä karttasymbolien suhde muihin symbolimäärittelyihin (esim. ARPA). Työryhmä on päättänyt tehdä symbolien kuvaustekniikkatiedoston, jonka avulla voidaan piirtää kaikki ECDIS symbolit. Tämä tulisi IHO:n kautta yleiseen jakeluun.

Datan laatu

IHO/COE datan laatutyöryhmä tutkii karttadatan tarkkuutta ja luotettavuutta sekä tarkkuuden ja luotettavuuden vaihtelun esittämistä elektronisilla merikartoilla. Työryhmä on tehnyt kyselyn käytössä olevista luokituksista ja valmistanee raportin keväällä 1992.

Tiedonsiirtostandardit

IHO/CEDD ja IHO/COE komiteat ja niiden työryhmät jatkavat DX90 ja kohdeluettelon kehittämistä mm. kenttäkokeilujen tulosten perusteella.

Suorituskykymäärittelyt

IMO/SON ja IMO/IHO-HGE yrittävät saada 1993 lopulliset suorituskykystandardit hyväksytyiksi (vaikka eräät mm. CCIR:n ajantasais-

tuskokeilut päättyvät vasta 1994). Nämä organisaatiot ovat myös yhteydessä Comité International Radio Maritime (CIRM), International Electrotechnical Commission (IEC) ja International Standards Organization (ISO) organisaatioiden kanssa.

Elektronisiin merikarttoihin liittyviä kokeiluprojekteja

Erilaisia kokeiluprojekteja on suoritettu tai on meneillään elektronisille merikartoille suunniteltujen normien testaamiseksi käytännön olosuhteissa. Näitä ovat mm.:

North Sea Project 1988-89 [5] oli ensimmäinen projekti, jossa testattiin käytännössä ECDIS-laitteistoja ja kartta-aineistojen saantia. Tämä projekti osoitti selkeästi kansainvälisen yhteistyön ja standardisoinnin ärkeyden.

SEATRANS-projekti 1989-90 [27], [28], [29]. Tässä projektissa norjalainen alus liikkui Trondheimin ja Hampurin välillä. Laivalla oli norjalaisen Robertsonin kehittämä Disc Navigation ECDIS-järjestelmä. Norjan merikarttalaitos digitoi projektia varten tarvittavat kartat ENC-muotoon. Tämä projekti antoi paljon uutta tietoa ENC-kartta-aineistojen luomisesta sekä ECDIS-järjestelmien käyttöön liittyvistä seikoista. Alustaviin suorituskystandardeihin on esitetty paljon muutoksia.

Hollantilaisella HMS BUYSKES merenmittausaluksella on suoritettu ECDIS-määrittelyjen ja alustavien suorituskystandardien käytännön kokeiluja [36]. Kokeita varten on digitoitu 5 merikarttaa. Kokeiluun osallistuneet arvioivat kohta kohdalta alustavat standardiehdotukset ja ehdottivat niihin paljon muutos- ja parannusehdotuksia.

USA:ssa on meneillään kaksi vuotta kestävä projekti [34], [35], jossa kehitetään ja testataan ECDIS-koelaitteistoa todellisella kartta-aineistolla (kuuden sataman kartat digitoidaan DX90-muotoon). Tässä kokeilussa on mukana useita valtion organisaatioita ja yksityisiä yrityksiä.

Saksalainen Hapag-Lloyd yhtiö suorittaa Krupp Atlas yhtiön kehittämän ECDIS-järjestelmän ja DX90-standardin kokeiluja Atlantin yli kulkevalla reitillä vuoden 1991 aikana. Tähän kokeiluun osallistuvat myös mm. Saksan ja Kanadan merikarttalaitokset [31], [34], [35].

Ranskan merikarttalaitos kokeilee ECDIS-tietokantaa ja tiedonkeruujärjestelmiä yhdessä Matra-yhtiön kanssa [34]. Neuvostoliitossa on aloitettu ECDIS-kokeiluprojekti, jonka aikana on tarkoitus digitoida 40 merikarttaa Itämeren alueelta [35].

4. NUMEERISET MERIKARTTA-AINEISTOT

Kartta-aineistojen saanti

Alustavissa suorituskystandardeissa esitetään, että elektronisten merikarttojen kartta-aineiston (ENC) tulee olla soveltuva (mm. sijainniltaan riittävän tarkkaa nykyisiä paikannusjärjestelmiä käytettäessä) ja ajantasaista sekä että sen täytyy olla kansallisten merikarttalaitosten alkujaan toimittamaa. ECDIS-laitteiston tulee pystyä ottamaan vastaan sekä automaattisia että manuaalisia päivityksiä kartta-aineistoon ja järjestelmän täytyy pitää kirjaa kartta-aineistoon tehdyistä muutoksista. Alkuperäistä ENC:n tietosisältöä ei saa muuttaa ECDIS-järjestelmässä laivalla.

Mm. Seatrans-projektissa on todettu, että ENC on oma erillinen karttatuote. Se ei ole yksikäsitteisesti paperikartan numeerinen kopio. ENC täytyy muodostaa hieman eri tavalla kuin painettavaksi suunniteltu kartta. Mm. viivojen yleistys, pienten saarien liioittelu, kapeiden salmien leventäminen sekä syvyystietojen huomattavasti suurempi mukaan ottaminen erottavat ENC:n paperikartasta. Syvyyksiä tarvitaan joko runsaampina syvyyskäyrinä, joista voidaan valita sopiva oman aluksen turvallisuuskäyräksi, tai lähes merenmittauskartan tiheydellä olevat syvyyspisteistö, joista järjestelmä määrittää halutun turvallisuuskäyrän (jos siihen soveltuva luotettava ohjelma on käytettävissä).

Numeeristen merikartta-aineistojen saanti elektronisia merikarttoja varten tulee lähivuosina olemaan ongelma. Läheskään kaikilla merikarttoja tuottavilla laitoksilla ei ole valmiuksia tuottaa numeerista kartta-aineistoa. Erään arvion [15] mukaan vuonna 1990 alle 10% kehittyneiden maiden kartoista on numeerisessa muodossa. Tällä hetkellä vain muutama merikarttalaitos pystyy tuottamaan kokeiluaineistoa DX90-formaatissa.

Myöskään suomalaisten merikarttojen osalta tilanne ei ole tyydyttävä. Merikarttaosasto on siirtynyt tietokoneavusteiseen merikarttojen valmistukseen [7]. Kaikki uudet ja kokonaan uusittavat merikartat tuotetaan numeerisesti, mutta nykyresursseilla kestää vielä useita vuosia, ennenkuin kaikki merikartat on numeeristettu. Syynä numeeristamisen hitauteen on paljolti se, että nykyisiä merikarttoja ei voida digitoida sellaisenaan, koska tällöin numeeristen kartta-aineistojen sijaintitarkkuus olisi karttojen vääristymistä johtuen liian huono. Merikarttaosasto etsii keinoja numeeristamisen nopeuttamiseksi.

Koska useimpien maiden merikarttalaitoksilla on vaikeuksia tuottaa riittävän nopeasti numeerista kartta-aineistoa elektronisia merikarttoja varten, niin Norjan merikarttalaitos on tehnyt esityksen erillisen organisaation perustamiseksi suorittamaan merikarttojen digitointia [22]. Tämä organisaatio olisi säätiöpohjainen *The World Centre for Electronic Chart Data* ja se on ehdotettu sijoitettavaksi Stavangeriin. Säätiön tarkoituksena olisi digitoida 2120 merikarttaa 9 vuoden aikana. Nämä kartat kattaisivat tärkeimmät merireitit ja satamat. Myös digitoitujen karttojen ajantasaistus kuuluisi säätiölle. Säätiö rahoitettaisiin

aluksi lainoilla ja myöhemmin kartta-aineistoista saatavilla aineistokorvauksilla.

Koska tähän säätiöehdotukseen liittyy vielä runsaasti avoimia kysymyksiä mm. hallinnon, rahoituksen, resurssien sekä juridisten seikkojen osalta, on IHO pyytänyt Norjan merikarttalaitosta muodostamaan alueellisen tietokannan Pohjanmeren ja Itämeren alueelta paikallisten merikarttalaitoksen kanssa yhteistyössä. Lopullinen päätös maailmanlaajuisen tietokannan perustamisesta tai perustamatta jättämisestä on tarkoitus tehdä vuonna 1994 kokeilun tulosten perusteella [43].

Karttajärjestelmien kehittäminen

Alkujaan ECDIS- ja ENC-järjestelmien määrittelyt perustuivat pääsääntöisesti paperikarttojen tietosisällön digitointiin ja paperikarttojen mukaista karttatyöskentelyä jäljitteleviin toimintoihin. Kuitenkin niissä oli jo mukana myös laajempiakin vaatimuksia kartta-aineistojen ja karttatoimintojen suhteen. Tällainen on esimerkiksi oman aluksen turvallisuuskäyrä ja siihen liittyvät varoitustoiminnot. Tämän täysimittainen toteuttaminen edellyttää että kartta-aineistossa on syvyyskäyriä paljon tiheämmin kuin painetuilla kartoilla tai että kartta-aineisto sisältää lähes merenmittauskartan mukaisen syvyysinformaation, josta ohjelmallisesti määritetään tarvittavat syvyyskäyrät. Toinen esimerkkitapaus on, että on käytettävissä numeerinen loistokirjan tietosisältö. Tällöin voidaan kartalla esittää turvalaitteet yksinkertaisilla symboleilla, joita osoittamalla saadaan näytölle turvalaitteen yksityiskohtaiset tiedot.

ECDIS-kokeilujen lisääntyessä on kehittelyn painopiste siirtymässä enemmän informaatiojärjestelmien suuntaan. Myös IHO:n tiedonsiirtostandardin taustalla on teoreettinen malli, joka perustuu kohteiden informaation eikä karttakuvan tallennukseen ja siirtoon. Tällainen kehitys edellyttää, että myös merikarttalaitokset kehittävät omia kartta- ja muita tietojärjestelmiään sellaiseksi informaatiojärjestelmäksi, josta voidaan saada ECDIS-järjestelmien tarvitseva tietous soveltuvassa muodossa. Tällainen kehitys karttajärjestelmistä informaatiojärjestelmiksi on yleinen suuntaus kartografian alalla. (Kuitenkin on vielä yleisesti todettavissa suurta sekaannusta tämän muutoksen ja siihen liittyvien käsitteiden ymmärtämisessä ja soveltamisessa. Yleisesti käytettiin yhtäaikaan käsitteitä 'kartan digitointi' ja 'ECDIS:n mahdollistamat informaatiotoiminnot', eikä huomata niiden välistä ristiriitaisuutta.) Jotkut merikarttalaitokset (mm. USA:n, Saksan ja Norjan) ovat jo aloittaneet tällaisen muutoksen toteutuksen. Myös Suomen merikarttaosastolla on tällaisen kehittämisen suunnittelu aloitettu. Tällaisen yleisen ajattelutavan muutos tapahtuu sikäli huonoon aikaan, että useat merikarttalaitokset ovat juuri toteuttamassa vanhan ajattelutavan mukaisia karttajärjestelmiä ja nyt pitäisi kesken kaiken ruveta vaihtamaan filosofiaa.

Kartta-aineistojen jakelu ja siirto

Alustavissa suorituskystandardeissa todetaan, että kartta-aineistoa on voitava siirtää millä käytössä olevalla välineellä tahansa (mg-nauha, levyke, CD-ROM, jne.) raportissa tarkemmin määritetyssä muodossa. Kartta-aineiston tarkkuus ja virheettömyys tulee säilyä siirrosta.

Kartta-aineisto jaetaan tiedonsiirtoa varten soluihin (*cell*). Solu on pituus- ja leveyspiirien rajaama alue, jonka koko riippuu kartan mittakaavasta. Soluilla on yksikäsitteinen numerointilogiikka. Kartta-aineisto jaetaan tärkeyden mukaan eri prioriteettitasoille. Poikkeuksen solujaosta muodostavat Seatrans-kokemusten mukaan loistot, joiden hallinnassa tulisi ongelmia, koska sektoriviivat ulottuvat solurajojen yli. Nämä kohteet olisivat kaikki yhdessä erillisessä (kansallisessa) solussa.

Tehokas kartta-aineiston siirto tietoliikenneyhteyksiä pitkin sekä nopea karttakuvan prosessointi edellyttävät, että kartta-aineisto tiivistetään mahdollisimman tehokkaasti. Tätä asiaa on tutkittu mm. Norjan merikarttalaitoksen toimesta [30]. Siellä kehitetyllä menetelmällä on saatu merikartta-aineiston viivat (rantaviivat, syvyyskäyrät) tiivistettyä jopa 95% alkuperäisestä ilman havaittavaa eroa alkuperäiseen viivaan.

Kartta-aineistojen tiedonsiirtostandardiehdotus

Siirrettävä kartta-aineisto tulee olla IHO:n hyväksymässä standardimuodossa. IHO on julkaissut standardiehdotuksen (*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data (Object Catalogue, DX90, Digitizing Conventions)*) [40]. Tästä standardiehdotuksesta on alettu käyttää yleisesti lyhennettä 'DX90' tai 'DX-90', vaikka tarkkaan ottaen tämä on vain osa ko. standardiehdotusta. Standardiehdotus on tarkoitettu soveltumaan merikartta-aineistojen siirtoon sekä merikarttalaitosten välillä että merikarttalaitoksilta käyttäjille. Se tukee myös tietojen siirtoa tietoliikenneyhteyksiä käytettäessä. Standardiehdotukseen liittyy myös IHO:n toimesta kehitetty ohjelmisto, joka helpottaa kansallisten merikarttalaitosten aineistojen konversiota DX90-formaattiin. Tämä standardiehdotus on esitetty hyväksyttäväksi IHO:n kevään 1992 yleiskokoukselle [42].

Standardiehdotus koostuu 3 pääosasta:

1. Kohdeluettelo (*Object Catalog*) perustuu malliin, joka kuvaa reaali maailman kohteet (joko fyysiset tai juridiset). Kohdeluokkia (*object classes*) on rajallinen määrä. Kohdeluokan kukin kohde (*object*) määritellään tarkasti sille sallittujen ominaisuuksien avulla antamalla kullekin ominaisuudelle sopivat arvot. Kohdeluokat ovat yksinkertaisia (*simple*), mikä tarkoittaa sitä, että kukin kohdeluokka määrittelee yksikäsitteisesti ja täydellisesti itsensä. Kuitenkin on joitakin mutkikkaampia (*composite*) kohdeluokkia, jotka ovat hierarkisia määrittelyjä. Tiedonsiirtojoukossa (*data exchange set*) on mahdollista

määritellä myös muita kohteiden välisiä suhteita ristiviittausten avulla (*cross references*). Joidenkin kohteiden kartografista esittämistä varten tarvitaan vielä ns. kartografisia kohteita (*cartographic objects*). Kohteille on määritelty myös kuvaustekniset ohjeet (*symbolization codes*).

2. DX90-formaatti kuvaa yksityiskohtaisesti tietojen siirrossa käytettävän formaatin. Tässä on määritelty mm.: tiedonsiirtojoukko (*data exchange set*), sovellusprofiilit (*application profiles*) paperikarttojen tuottamista varten, ENC:n tuottamista ja ajantasaistamista varten sekä merenmittauskarttojen tuottamista varten, pakolliset siirtosopimukset (*mandatory transfer conventions*) vähimmäistason määrittelyt (*conformance*), tiedonsiirto-ohjelmisto (*data descriptive file system software (DDFS)*), tiedonsiirron tietorakenne (*data structure of an exchange set*) sekä moduli- ja tietuekuvaukset (*module and data field specifications*). IHO toimittaa standardin mukana em. DDFS-ohjelmiston, jolla käyttäjät voivat tuottaa dataa DX90-muodossa omista tietojärjestelmistään.

3. Digitointisopimus (*digitizing convention*) määrittelee, kuinka määrätyt kohteet tulee digitoida (ja siirtää), jotta kaikki osapuolet voivat tulkita ne samalla tavalla.

Kartta-aineistojen ajantasaistus

Kartta-aineistojen ajantasaistus voi koskea vain yhtä erillistä kohdetta ENC:ssä tai kokonaista solua. Päivitystieto voidaan siirtää manuaalisesti painetusta Tiedonantoja merenkulkijoille lehdestä tai suoraan numeerisena joko tietovälineeltä tai jonkin tiedonsiirtoyhteyden kautta. Päivitys ei saa muuttaa alkuperäisen ENC:n tietosisältöä, vaan se talletetaan erilliseen päivitysmuistiin, jonka avulla näyttöön saadaan ajantasainen karttakuva.

Ajantasaistusraportissa [11] on ehdotettu *INMARSAT-C Enhanced Group Call (EGC) SafetyNet* satelliittiviestijärjestelmä soveltuisi elektronisten merikarttojen ajantasaistukseen hyvin. Päivitysten lähettäminen voisi olla periaatteessa järjestetty joko kansallisesti, alueellisesti tai maailmanlaajuisesti. Alueellista mallia suositellaan raportissa.

Mm. Seatrans-kokeilussa on todettu, että suurin osa Tiedonantoja merenkulkijoille kautta välittyvistä karttakorjauksista oli vähintään kaksi viikkoa vanhoja eikä niiden siirto satelliitin kautta ole välttämätöntä. Ne voidaan hyvin esimerkiksi postittaa levykkeellä.

5. ELEKTRONISIIN MERIKARTTOIHIN LIITTYVIÄ KYSYMYKSIÄ

Kartta-aineistojen tekijänoikeudet

Kansainvälisesti kartta-aineistojen tekijänoikeudelliset kysymykset ovat vielä monelta osin avoimia. Asiaa on pohdittu mm. julkaisussa [23]. Tekijänoikeuksiin liittyy sekä taloudellisia että turvallisuustekijöitä. Mikäli kansalliset merikarttalaitokset toimittavat omien karttojensa ENCD-aineistoa suoraan numeerisena, niin tällöin aineiston tekijänoikeus lienee yksiselitteinen. Tosin kaikilla merikarttalaitoksilla (esim. USA) ei ole tekijänoikeutta julkisiin karttoihin. Mikäli joku muu organisaatio suorittaa karttojen digitoinnin ja jakelun, niin tällöin kysymys on jo monimutkaisempi.

IHO:n XIV yleiskokoukselle toukokuussa 1992 on esitetty nykyisten kopiointisäännösten (Technical Resolution A3.4) tarkistamista merikarttalaitosten kartta-aineistojen digitoinnin osalta (Proposal 15. Copyright of Charts and Other Nautical Publications) [42].

Kartta-aineistojen oikeellisuus

ENC-aineistojen käytön yhteydessä on useampia osapuolia kuin perinteisten paperikarttojen käytön yhteydessä. Näitä ovat karttalaitokset numeerisen aineiston tuottajana ja ajantasaistajana, aineistojen välittäjät, ECDIS-valmistajat (laitteisto ja ohjelmisto) sekä käyttäjät. Tämä mahdollistaa erilaisten virheellisyyksien ja vääristymien mukaantulemisen. Vastuukysymykset saattavat olla monimutkaisia, eikä oikeustulkintoja ole vielä juurikaan käytettävissä.

Alustavissa ECDIS-määrittelyissä on edellytetty, että ENC-aineisto on alkujaan kansallisten merikarttalaitosten toimittamaa ja että ECDIS-laitteiston tulee säilyttää alkuperäinen ENC-aineisto muuttumattomana ja esim. ajantasaistustieto tulee tallettaa erikseen. Myöskin ECDIS-järjestelmän tulee pystyä esittämään kaikki ENC-aineisto oikein. Näillä vaatimuksilla pyritään siihen, ettei alkuperäinen kansallisilta merikarttalaitoksilta toimitettu kartta-aineisto pääse vääristymään. Tämä virheettömyys täytyy tarvittaessa myös pystyä jotenkin varmistumaan.

Oikea käyttö ja turvallisuus

Artikkelin [16] mukaan ECDIS-laitteistojen käytön myötä tuleva redundantti informaatio (esim. satelliittipaikannus ja tutkapaikannus) siirtävät vastuuta kartta-aineiston oikeellisuudesta kartantekijän puolelta enemmän ECDIS-järjestelmälle ja navigoijalle, koska näiden tulisi pystyä huomaamaan helposti, jos jotain on pielessä. Mikäli jokin virhe karttadatassa voidaan löytää ohjelmallisesti (vaikka sitä ei painetulla kartalla huomattaisikaan) eikä ECDIS-järjestelmä löydä virhettä, niin tämä voidaan tulkita ECDIS-järjestelmän viaksi. Myöskin juridiset käsitteet 'hyvä merenkulkutapa', 'tarkka navigointi' ja 'merikelpoinen alus' tulevat tämän artikkelin mukaan muuttumaan. Myös oikea

informaatio voidaan esittää virheellisesti (esim. yliskaalaus). Myös ECDIS-järjestelmien käyttäjäystävällisyys ja manuaalien taso vaikuttavat kartan oikeaan tulkintaan.

Nykyisten tarkkojen paikannusjärjestelmien yleistyessä voivat merenkulkijat käyttää tarkempaa paikannusta kuin merenmittaajilla on aikoinaan ollut käytettävissä. Tämä voi johtaa siihen, että kartta-aineiston tarkkuus on huonompi, kuin mitä paikannuksen tarkkuus on. Käyttäjä saattaa erehtyä luulemaan karttaa tarkemmaksi kuin se todellisuudessa on ja hän saattaa käyttää pienempiä turvaetäisyyksiä tai valita vaarallisemman reitin kuin mitä hän käyttäisi, jos hänellä olisi käytettävissään tavallinen paperikartta, mm. [27], [31].

Turvallisuuteen ja oikeellisuuteen kuuluu itse järjestelmän luotettava ja oikea toiminta. Järjestelmän tulee pystyä tarkkailemaan omaa toimintaansa ja virhetilanteissa varoittamaan käyttäjää. ECDIS-määrittelyt edellyttävät, että järjestelmissä on varmistus, joka säilyttää alkuperäisen ENC-kartan tietosisällön muuttumattomana sekä 'get you home' toiminto, jolla tulee myös häiriötilanteissa pystyä saamaan yhdellä komennolla näyttö ja toiminnot, joilla voidaan navigoida turvallisesti suojasatamaan. Esimerkiksi ECDIS-näytön värillinen paperikopio voisi toimia tällaisena kertakäyttökarttana [36].

Julkisuudessa on esitetty [25] esim. kannettavaa työasemaa varmistuslaitteeksi, jossa olisi alkuperäisen ENC:n kopio ja sen päivitykset ja joka myös tallettaisi ECDIS-laitteella suoritettut toiminnot. Laite toimisi tällöin sekä ENC:n varmuuskopiona että seurantalaitteena. Jos laite olisi vielä omilla paristoilla varustettu, niin se olisi (rajoitetun ajan) riippumaton aluksen sähköjärjestelmistä. Kannettava työasema voitaisiin vielä ottaa mukaan, jos alus joudutaan vakavassa onnettomuustapauksessa hylkäämään.

Luokitukset ja valvonta

Norjalainen Det norske Veritas luokituslaitos on jo ottanut ECDIS-laitteistot uusimpiin luokituksiin mukaan [39]. Nämä määrittelyt ovat IMO:n alustavien suorituskykymäärittelyjen mukaisia.

ECDIS-järjestelmien valvontaan tulisi kuulua artikkelin [32] mukaan tyyppihyväksyntä merenkulkuviranomaisten ja luokituslaitosten toimesta, asennusaikainen hyväksyminen sekä laitteiston ja sen toiminnan määräaikaisten tarkistamiset.

Vaikutukset alusten miehityksiin

Kustannussyistä miehitys komentosillalla pyritään saamaan mahdollisimman vähäiseksi turvallisuudesta tinkimättä. Jo nyt on monilla aluksilla käytössä yhden miehen vahti päiväsaikaan [27], [32]. Hyväksyttyjen ECDIS-järjestelmien käyttöönotto mahdollistaa yhden miehen vahdin käytön laajentamisen myöskin pimeään aikaan. Tämä edellyttää, että ECDIS-järjestelmän tulee vähentää navigoijan kuormitusta

(hän pystyy suorittamaan kaikki navigointiin liittyvät karttatehtävät samalla laitteistolla, laitteisto huolehtii rutinitehtävistä, laitteisto suorittaa valvontaa ja antaa tarvittaessa varoituksia).

Tähän liittyy kuitenkin monia avoimia kysymyksiä. Esim. vaaditaanko miehistöltä nykyistä parempi koulutustaso ja henkinen suorituskyky, pystyykö miehistö toimimaan mahdollisissa järjestelmän häiriötilanteissa (häätätilanteissa), kuinka pitkälle voidaan automaatiolla parantaa järjestelmän luotettavuutta jne. Myös miehistön koulutukselle ja harjoittelulle asetetaan uusia vaatimuksia, mm. ECDIS-simulaattoreita tarvittaneen [32].

6. PAPERIKARTAN APUNA KÄYTETTÄVÄT ELEKTRONISET MERIKARTAT

Erään arvion mukaan todella käyttökelpoisia ECDIS-järjestelmiä saadaan käyttöön vasta 2000-luvulla eikä edes vielä vuonna 2050 ole kaikissa aluksissa paperikarttaa korvaavaa ECDIS-järjestelmää [24]. Syinä tähän arvioidaan olevan mm. IMO:n ECDIS-järjestelmien hyväksymisprosessi, karttalaitosten mahdollisuudet tuottaa ja ajantasaistaa numeerisia karttoja, yleinen käyttäjien konservatismi sekä kustannustekijät. Myös perinteisiä painettuja merikarttoja voitaisiin kehittää palvelemaan paremmin nykyisiä ja myöhemmin kehitettäviä navigoinnin apuvälineitä (esim. viivakoodien käyttö kartan tietojen ja sen referenssipisteiden tietojen antamiseen).

Mm. edellämainituilla perusteilla voidaan todeta, että vielä pitkän aikaa tarvitaan paperikartan apuna käytettäviä merikarttajärjestelmiä ja karttanäyttölaitteita (ECS). Niillä ei ole niin suuria vaatimuksia kuin paperikartan korvaavilla ECDIS-järjestelmillä. Myöskin tällaisten laitteiden tekninen toteutus on hyvin kirjavaa. Näiden järjestelmien etuna on yleensä halvempi hinta, käyttäjäystävällinen käyttöliityntä, viimeisimmän teknologian nopea soveltaminen ja innovatiiviset toteutukset. Nykyisin tyypillisin tällainen järjestelmä perustuu painetun merikartan rasterimuotoisen numeerisen kopion käyttöön. Japanilaisen arvion mukaan [34] vuoden 1990 lopulla oli ainakin 25000 tällaista elektronista merikarttajärjestelmää käytössä.

IHO on selvittänyt jäsenmaidensa merikarttalaitosten suhdetta paperikartan apuna käytettävien elektronisten karttojen standardointiin [21]. Tämän mukaan jäsenmaiden kesken on erimielisyyttä kuuluuko koko asia IHO:lle. IMO/IHO-HGE on ottanut tähän asiaan sellaisen kannan, että ECS-järjestelmiin liittyviä asioita käsitellään pienemmällä prioriteetilla kuin ECDIS-järjestelmiin liittyviä.

Myös muita vaihtoehtoisia lähestymistapoja on tutkittu, mm. julkaisussa [26] esitetään vuorovaikutteiseen videokarttaan perustuva kokeilujärjestelmä, jossa painetut merikartat on kuvattu näyttöön soveltuva pieni alue kerrallaan videokuviksi ja talletettu optiselle levyille. 18 merikartta on kuvattu yhteensä 6000 kuvaksi. Kuville on muodostettu hakemisto, jotta esim. kaksi vierekkäistä karttakuvaa voidaan löytää nopeasti, huonoimmassakin tapauksessa alle 2 sekunnissa. Karttakuvan päälle voidaan piirtää vektorimuodossa oman aluksen sijaintitiedot, muiden alusten tietoja (ARPA) ym. Karttakuvan lisäksi järjestelmään talletetaan muuta navigointi-informaatiota, mm. vuorovesitaulukot, loistokirja ja purjehdusohjeita. Järjestelmä on simulointitesteissä, joilla pyritään selvittämään mitä IHO:n vaatimuksia järjestelmä täyttää. Raportin mukaan järjestelmä olisi lähes paperikarttaa korvaava. Myös alustavat käyttäjien kommentit ovat positiivisia.

LOPPUTOTEAMUS

Elektronisten merikarttojen kehittämisen ensisijaisena tavoitteena on - kuten muunkin merikarttatoiminnan - merenkulun turvallisuuden parantaminen. Tällöin ajatellaan perinteisten merivahinkojen seuraamusten lisäksi myös ympäristökysymyksiä. Yleisesti onkin käytössä iskulause

" Turvallisemmat laivat - puhtaammat meret ".

Elektroniset merikartat ovat nyt voimakkaassa kehitysvaiheessa ja lähivuodet vasta näyttävät millaisiin järjestelmiin käytännössä yleisesti päästään.

Elektronisia merikarttoja käsitteleviä keskeisimpiä julkaisuja on lueteltu oheisessa lähdeluettelossa. Lisää julkaisuja on esitetty IHO:n toimittamassa elektronisia merikarttojen kirjallisuusluettelossa [41].

Liite 1:**Provisional Specifications for Chart Content and Display of ECDIS**

(IHO Special Publication 52, May 1990)

Tässä raportissa on esitetty paperikartan laillisesti yhdenvertaisen ECDIS-järjestelmän alustavat vaatimukset. Raportista on nyt ilmestynyt kolmas versio.

Alla on lueteltu lyhyesti tärkeimmät em. raportissa käsitellyt asiat.

1. Johdanto

Aluksi on esitetty ECDIS-määrittelyjen kehittämisen taustaa ja historiaa. ECDIS-määrittelyjen tarkoitus on määritetty. Käsité 'paper chart equivalence' on otettu käyttöön ja määritetty. Alustavien ECDIS-määrittelyjen rajoituksena on vähäinen järjestelmien käyttökokemus. Paperikartan apuna käytettävät karttanäyttölaitteet rajataan ECDIS-määrittelyjen ulkopuolelle. Lopuksi viitataan terminologian määrittelyihin ja oleellisimpiin viitteisiin.

2. Yleistä

Tässä on todettu, että on IHO:n asia määritellä ECDIS-järjestelmien kartografinen tietosisältö eli merikarttalaitosten tuottama ENC sekä ne kriteerit, joilla todetaan, ettei ECDIS-järjestelmä huononna merikarttalaitosten tuottaman ENC:n tietosisältöä prosessoinnissa eikä näytössä. Laitteistotoimittajat eivät saa muuttaa merikarttalaitosten tuottaman ENC:n tietosisältöä. Muista lähteistä saatu lisäinformaatio on erotettava ENC:stä. Käyttäjä saa vapaasti valita mitä tietoa näytössä esitetään (katso kohta 5). Valmistaja voi valita sisäisen tiedon esitysmuodon vapaasti. Merikarttalaitosten tulee koodata karttadata minimimäärällä yksityiskohtia ja minimipistetiheydellä tarkkuuden kärsimättä, jotta tehokas datan käsittely ECDIS-järjestelmissä olisi mahdollista.

ECDIS-järjestelmän tulee olla vähintään yhtä luotettava ja näyttää yhtä täydellinen ja tarkka navigointi-informaatio kuin paperikartta. Sillä täytyy myös pystyä suorittamaan sama karttatyöskentely kuin paperikartalla.

3. Kartografinen ympäristö

Horisontaalinen datum on WGS-84 tai muutoin on annettava varoitus. Vertikaalinen datum voi vaihdella kuten paperikartoillakin, mutta se on ilmoitettava legendassa. Koordinaatit ilmoitetaan pituus- ja leveysasteina. Mikä tahansa soveltuva projektio käy, mutta merkatorin projektiota suositellaan. Yleensä karttadata on laadittu määrättyyn mittakaavaan ja se voidaan skaalata vain määrättyllä mittakaavavälillä. Yli- tai aliskaalauksista on annettava varoitus. Mittakaavajana on

esitettävä 1:80000 tai suuremmissa mittakaavoissa. Pienemmissä mittakaavoissa on esitettävä leveysastejaotus.

Koordinaattien yksikkönä on asteet, minuutit ja minuutin desimaalit. Syvyyksien ja korkeuksien yksikkönä on metri ja desimaalit. Syliä ja jalkoja saa käyttää vain erityisistä syistä. Syvyyden yksikkö on oltava aina päänäytössä. Etäisyyksien yksikkö on maili ja desimaalimaili tai metri. Nopeuden yksikkö on solmu ja sen desimaalit. Legendassa on esitettävä käytetyt yksiköt, näytön mittakaava, datan laadun tunnus, datumit, turvallisuuskäyrän syvyysarvo, magneettinen poikkeama, viimeisin ENC:n päivitysajankohta sekä ENC:n julkaisupäiväys.

4. Karttatyöskentely

ECDIS-järjestelmän päätehtävä on navigointi. Siksi navigoijan täytyy pystyä suorittamaan ECDIS-järjestelmällä kaikki samat navigointiin liittyvät rutiinit kuin paperikartallakin. ENC on laadittu 'pohjoinen ylös' asentoon. Jos ECDIS näyttää 'tosisuunta ylös' asennon, niin karttakuva on käännettävä yhtenä palana ja pohjoissuunta on osoitettava. Kuitenkin symbolien, numeroiden jne. on jätävä pohjoissuuntaan orientoiduksi.

Reitinsuunnitteluun, reitin etukäteiskatseluun, lisätietojen (esim. loistojen tiedot, kartta-aineistoon liittyvät tiedot) esittämiseen voidaan käyttää erillistä näyttöä, jonka tulee olla laadultaan yhtä hyvä kuin ensisijainen näyttö. Mikäli tutka- tai muuta tilapäistä informaatiota on lisätty karttanäyttöön, se ei saa heikentää karttadatan näyttöä ja sen on erotuttava selvästi karttadatasta. Se on myös voitava poistaa yhdellä käyttäjän komennolla.

5. ENC tietosisältö ja näyttö

Tässä on määritelty ENC:n minimitietosisältö, joka on sama kuin painettujen karttojen tietosisältö. Käyttäjä voi valita näyttöön tarvitsemansa informaation. On määritelty oletusnäyttö (katso IMO PPS kohta 3), joka tulee näyttöön, kun laite pannaan päälle tai haluttaessa yhdellä komennolla.

IHO on määritellyt kartoilla olevat kohteet ja niiden ominaisuudet, jotka ovat pääsääntöisesti samat kuin kansainvälisillä merikartoilla. Lisäksi on määritelty esitysmuoto muulle lisäinformaatiolle. Osoittamalla näytöltä esim. kursorilla jotain kohdetta saadaan sen tarkemmat ominaisuudet joko pää- tai apunäytölle.

Merikarttalaitosten toimittama muu informaatio (varoitukset, vuorovesidata, loistokirja, ym.) voidaan sisällyttää ENC-dataan. Tällaisten tietojen esitysmuoto tultaneen standardisoimaan myöhemmin.

Pääsääntöisesti symbolit esitetään näyttöjen mahdollisuuksien mukaan samannäköisenä kuin paperikartoilla. Joitakin uusia symboleja joudutaan määrittelemään ECDIS:tä varten. Nykyisillä näyttöjen resoluutioilla

symbolit joudutaan esittämään suurempina kuin paperikartoilla. Karttakuvaa suurennettaessa tulee symbolien koko säilyä muuttumattomana. Vilkkuvia symboleja tulee käyttää vain erikoistapauksissa. Symbolikirjasto tulee näyttää tarvittaessa. Värien käyttö näytöissä on välttämätöntä. Väreille on määritelty alustavat oletusarvot.

6. ENC tietorakenne ja formaatti

ENC:n tietorakenne on sovelluttava merikarttalaitosten, laitevalmistajien ja käyttäjien tarpeisiin. Sen tulee minimoida tiedonkeräyksen työmäärä eikä se saa estää laitteistojen innovatiivista kehitystä. Sen tulee tukea IHO:n standardiformaattia, tarkkuusvaatimuksia ja sen tulee olla teknisesti sovellettavissa.

Merikarttalaitokset tuottavat virallista ENC-dataa standardiformaatissa sopivilla tietovälineillä. Tämä formaatti ei ole optimaalinen tiedon käsittelyn kannalta, joten valmistajat saavat vapaasti valita sisäiset tietorakenteensa, kunhan järjestelmä vain pystyy muuntamaan siihen virallisen ENC-datan ja sen päivitykset. Tässä datassa tulee olla mekanismi, joka mahdollistaa sen toteamisen, ettei virallista ENC-dataa ole muutettu eikä sen tarkkuutta ole huononnettu. ECDIS-järjestelmä ei saa suorittaa tiedon suodatusta tai redusointia eikä sotkea solujakoa. Laitteistolla on pystyttävä todentamaan kaikkien muunnosten oikeellisuus. Virallinen ENC:n kopio on pidettävä laivalla. Tästä kopioidaan ECDIS-järjestelmän sisäinen SENC, jonka avulla varsinainen operointi tapahtuu.

Kartat on jaettu kuuteen mittakaavaluokkaan. Merikarttalaitokset tuottavat erillisen ENC:n eri mittakaavoihin. Eri mittakaavaisten karttojen rajat tulee olla mukana datassa. Näytössä oleva data tulee olla aina samassa mittakaavassa.

Kartta-aineisto jaetaan käsittelyn nopeuttamiseksi ja korjausten suorittamisen helpottamiseksi soluihin. Solu on mittakaavaluokasta riippuen aste- ja/tai minuuttiarvojen rajaama suorakaide. Kullakin solulla on yksikäsitteinen numero, joka johdetaan sen lounaisnurkan sijainnista.

Merikarttalaitosten on merkittävä ne kohteet datassa, jotka kuuluvat oletusnäyttöön. Näytöllä data jaetaan prioriteettitasoille, joita ovat tärkeysjärjestyksessä seuraavat: ECDIS varoitukset, ENC + automaattiset korjaukset, manuaaliset korjaukset, ENC huomautukset, ENC alueväri-tykset, ENC pyydettyä esitettävä data, tutkainformaatio, käyttäjän piste- ja viivadata, valmistajan piste- ja viivadata, käyttäjän aluedata, valmistajan aluedata. Viisi ensimmäistä kuuluvat oletusnäyttöön.

ENC:n kieli tulisi olla englanti. Maantieteellisissä nimissä voidaan käyttää ei-englantilaisia kirjaimia. Mikäli muita kieliä tarvitaan, sen mahdollisuuden tulisi olla lisäoptio.

7. Korjaukset

Virallinen ENC data tulee säilyä muuttumattomana. Käyttäjä ei saa muuttaa sitä. Korjaukset tulee tallettaa erilleen virallisesta ENC-datasta. Ajantasaistumenettelystä on tarkemmin erillisessä raportissa. Virallisia merikarttakorjauksia ovat yksittäisen kohteen tai sen ominaisuuksien korjaukset (lisäys, poisto, korvaus), aluekorjaukset (kokonaisen solun korvaaminen uudella) sekä tilapäiset korjaukset. Nämä tulee erottaa muista lähteistä tulevista ns. paikallisista korjauksista. Viralliset korjaukset saadaan 'Tiedonantoja merenkulkijoille' tai sen numeerisen vastineen (esim. levyke) kautta tai telekommunikaatiolla (esim. INMARSAT).

Käsin tapahtuvat korjaukset ja paikalliset korjaukset eivät saa muuttaa virallista ENC:a näytössä. Poistot merkitään panemalla värillinen kauttaviiva poistettavan kohteen päälle. Viralliset korjaukset tulee esittää automaattisesti näytössä. Kaikista korjauksista tulee pitää historiatiedostoa, josta navigoijan on haluttaessa saatava tietoja.

8. Vähimmäissuorituskykyvaatimukset merikarttaosastojen toimittamille ENC:lle.

Järjestelmän tulee pystyä tallettamaan ja toistamaan värillisenä kaikki symbolit ja lyhennykset, toiminta-alueen ENC yhtäaikaan reitinsuunnittelun kanssa, automaattiset ja käsin syötetyt korjaukset sekä käyttäjän tekemät karttamerkinnot.

Järjestelmän tulee pystyä suorittamaan riittävällä tarkkuudella seuraavat laskennat: koordinaattimuunnokset maantieteellisen ja näyttökoordinaation välillä sekä paikallisen ja WGS-84 datumin välillä (paikallisen merikarttalaitoksen algoritmeilla), kahden maantieteellisen paikan välisen etäisyyden ja suunnan määrittäminen, paikan määrittäminen tunnetusta pisteestä suunnan ja etäisyyden avulla, projektioon liittyvät laskennat sekä paikannulaskennat.

Näytössä on pystyttävä esittämään määritellyt symbolit, lyhennykset ja värit. Ensisijainen näyttö on navigointia varten, mahdollinen toissijainen näyttö on reitinsuunnittelua ja etukäteiskatselua varten. Lisäksi voi olla aakkosnumeerinen näyttö. Näissä näytöissä on esitettävä erikseen määritellyt automaattisesti aina näkyvät ja haluttaessa näkyvät tiedot sekä käsin lisätyt huomautukset.

Määrätyissä tilanteissa järjestelmän on annettava äänimerkki- ja/tai tekstivaroitus. Äänivaroitus voidaan tilapäisesti vaientaa, varoitustekstin tulee näkyä niin kauan kuin varoitustilanne on voimassa. Varoitus on annettava ainakin seuraavissa tilanteissa: yliskaalaus, alus on tullut rajoitusalueelle, syvyyden yksikön muutos, kun suhde WGS-84:ään on määrittelemätön tai näytössä on vähemmän kuin oletusnäyttö. Lisäksi on annettava ilmoitus, jos mittakaavaraja ylitetään tai suurempikaavainen kartta on olemassa.

Virallinen ENC on 'pohjoinen ylös' asennossa. Mikäli muuta asentoa käytetään, on ENC kierrettävä pohjoisnuolen kanssa. Muuta lisätietoa voidaan esittää siten, että se eroaa virallisesta ENC:stä. Haluttaessa voidaan käyttää automaattista vuorovesikorjausta. Toistaiseksi tämä ei liene vielä käytännössä toteutettavissa.

9. Vähimmäiskokoonpano

Tässä esitetään nykytekniikalla vaadittava vähimmäiskokoonpano, jotta tämän raportin vaatimukset voidaan toteuttaa. Vähimmäiskokoonpanoon kuuluu riittävän tehokas keskusyksikkö, jotta karttakuva voidaan piirtää ja uudistaa alle 5 sekunnissa, riittävästi graafista muistia, erilliset muistit ENC-datalle ja sen päivityksille, graafinen näyttö (koko 35 * 27 cm, resoluutio parempi kuin 1000 * 1000 pikseliä, pikselikoko 0.3 mm, 16 väriä), aakkosnumeerinen näyttö (24 riviä, 80 saraketta), datan sisäänlukumahdollisuus (karttadata, päivitykset, testidata, käsinkorjaukset), ulostulot (tarkistukset) sekä muut liitännät (kello, elektroniset navigointijärjestelmät, elektroninen ajantasaistus ja muut aluksen järjestelmät tarvittaessa).

Liite 2:**Provisional Performance Standards for Electronic Chart Display Systems (ECDIS)**

(IMO MSC Circular 515 1989. Ns. IMO PPS)

Nämä alustavat määrittelyt on tarkoitettu ohjeeksi järjestelmäkehittelijöille, joiden lopullisena tavoitteena on SOLAS 1974 V/20 määrittelemän (paperi)kartan laillisesti yhdenvertaisen ECDIS-järjestelmän kehittäminen.

Seuraavassa on lyhennettynä lueteltu oleellisimmat PPS:ssä käsitellyt seikat:

1. Johdanto

ECDIS-järjestelmän päätarkoitus on merenkulun turvallisuuden parantaminen. Navigoijan täytyy pystyä suorittamaan ECDIS-järjestelmällä kätevästi ja tehokkaasti kaikki ne toiminnot, jotka nykyään suoritetaan paperikarttojen avulla. ECDIS-järjestelmän tulee pystyä näyttämään tarkkaa ja ajantasaista merikarttainformaatiota, joka on tarpeen turvalliselle navigoinnille. ECDIS:n tulee vähentää navigoijan työkuormitusta. Lopullinen tavoite on laillisesti paperikarttaan rinnastettava järjestelmä. ECDIS:n tulee olla vähintään yhtä luotettava ja varma kuin paperikartta. ECDIS:n tulee täyttää yleisten IMO:n vaatimusten lisäksi PPS:ssä esitetyt minimisuoritusvaatimukset.

2. Määrittelyjä

Tässä on annettu määrittelyt termeille ECDB, ENC, ECDIE, ECDIS (katso tarkemmin tämän esityksen lukua 2).

3. ENC datan näyttö

ECDIE:n tulee pystyä näyttämään kaikki ENC data. Kun laitteisto kytketään päälle tai tarvittaessa yhdellä käyttäjätoiminnolla, sen tulee näyttää määritelty standardi- tai oletusnäyttö: rantaviivat, erilliset vaaralliset kohteet, oman aluksen turvallisuussyvyyskäyrä, kiinteät ja kelluvat turvalaitteet, väyläalueiden ym. rajat, reititysohjeet, tutkamaalit, kielto- ja rajoitusalueet, huomautus varoituksista, mittakaavajana, karttojen mittakaavarajat, syvyyksien ja korkeuksien yksiköt.

Haluttaessa tulee ECDIS:n näyttää lisäksi muuta ENC informaatiota, esim.: syvyyslukuja, yksityiskohtia vaarallisista kohteista ja turvalaitteista, varoitusten sisällöt, ENC ajantasaistuspäiväys ja geodeettinen datum. Näytöstä tulee voida poistaa kaikkia ENC:n tietoja. Mikäli oletusnäytön tietoja poistetaan, niin siitä tulee antaa varoitus. Tietojen lisäys ja poisto tulee voida tapahtua käyttäjän minimikomennoilla. On voitava varmistua, että ENC on ladattu oikein ja että se näytetään oikein näytössä. Näytössä ENC datan tulee erottua selvästi muusta

datasta. ENC tietosisältö ja esitysmuoto tulee olla kansainvälisesti standardisoitu.

4. Mittakaava

ENC:t tulee tuottaa määrättyihin mittakaavoihin. Mikäli data näytetään muissa mittakaavoissa (yli- tai aliskaalaus), tulee tästä antaa varoitus. Symboleista, numeroista ja kirjaimista tulee käyttää samaa kokoa kaikissa mittakaavoissa. Mikäli purjehdusalueesta on olemassa toisenmittakaavainen karttadata, niin se tulee voida näyttää näytöllä välittömästi.

5. Reitinsuunnittelu, reittiseuranta ja dokumentointi

Reittisuunnittelua ja reitinseurantaa tulee voida suorittaa toisistaan riippumatta yksinkertaisella ja luotettavalla tavalla. Reitinseurannassa valitun reitin tulee näkyä automaattisesti näytössä, mikäli reitti sattuu näytössä olevalle alueelle. Reitinseurannassa oman aluksen paikka tulee näkyä näytössä jatkuvasti. Oman aluksen paikkaa tulee voida säätää manuaalisesti. ECDIS:n tulee pystyä näyttämään aikamerkinnot aluksen kulkemalle reitille haluttaessa ja automaattisesti 1 - 120 minuutin välein, haluttaessa vähintään viimeisen 8 tunnin aikana kuljettu reitti sekä muita navigoinnissa tarvittavia viivoja ja symboleja. Näytölle tulee voida kirjoittaa ja siltä lukea maantieteellisiä koordinaatteja. ECDIS:n tulee pystyä tunnistamaan, jos alus on alueella, jolla on voimassa erityisehtoja.

ECDIS:n tulee tallettaa suojattuna sekä pystyä toistamaan ne vähimmäistiedot, joilla ECDIS:n navigointikäyttö viimeisen 8 tunnin aikana voidaan rekonstruoida.

6. Symbolit ja värit

ENC tiedon näyttämiseen saa käyttää vain IHO:n hyväksymiä symboleja ja värejä. Muut symbolit ja värit tulee olla IMO:n hyväksymiä.

7. Tarkkuus

Navigointiin tarkoitetut linjat tulee esittää paremmalla kuin $\pm 0.50^\circ$ tarkkuudella. Etäisyydet tulee näyttää alle 1.5% tai 70 m virheellä (kumpi on suurempi). ECDIS:n tulee täyttää IHO:n ENC:n datalle asettamat tarkkuusvaatimukset.

8. Muun informaation näyttö

Jos tutkakuvaa tai muuta tilapäistä informaatiota esitetään karttanäytössä, se ei saa häiritä ENC informaation näyttöä ja sen tulee erottua selvästi siitä. Jos tutkakuva lisätään karttakuvaan, se tulee automaattisesti skaalata ja orientoida karttakuvan mukaisesti. Sen

origo tulee pystyä kohdistamaan manuaalisesti karttakuvaan. Kaikki tutkainformaatio tulee voida poistaa yhdellä komennolla.

9. Näyttömoodi ja seuraavan näytön generointi

ENC tulee voida aina näyttää 'pohjoinen ylös'-asennossa. Muissa asennoissa pohjoissuunta on aina näytettävä. ECDIS:n tulee toimia ainakin 'tosiliike'-moodissa, jolloin seuraavan näytön luonti tulee tapahtua automaattisesti määrätyn etäisyyden päässä näytön reunalta. Käytössä oleva toimintamoodi on ilmoitettava näytössä. Kartta-alueen ja oman aluksen sijainnin muutos on voitava tehdä myös manuaalisesti.

10. Näytöt

ECDIS:n on pystyttävä näyttämään sekä navigointiin ja reitinseurantaan että reitin etukäteen katseluun, reitinsuunnitteluun ja navigoinnin aputehtäviin tarvittava informaatio. Toiminnosta toiseen siirtyminen tulee tapahtua välittömästi (tämä saattaa vaatia kaksi näyttölaitetta). Kartan näyttöalueen tehollinen koko tulee olla vähintään 350 mm * 270 mm. Näytön tulee täyttää IHO:n ja IMO:n vaatimukset väreille ja resoluutiolle. Näytön tulee olla selvästi näkyvä useammalle kuin yhdelle katsojalle komentosillan normaaleissa päivä- ja yövalaistuksissa. Kirkkaudensäätö on oltava mahdollista.

11. Karttadatan saanti ja korjaus

ENC:n tietosisältö tulee olla aiotulle matkalle soveltuva ja ajantasainen SOLAS V/20 säännön mukaisesti. ECDIS:n tulee pystyä vastaanottamaan automaattisesti IHO:n standardiformaatissa olevia virallisia karttakorjauksia. Ne tulee lisätä näyttöön automaattisesti, mutta tallettaa erilleen ENC-datasta. ECDIS:n tulee ottaa vastaan myös manuaalisia korjauksia, jotka täytyy voida helposti varmentaa ennen hyväksymistä. Nämä tulee tallettaa erilleen ENC:stä ja tarvittaessa erottaa selvästi ENC:stä ja automaattisista korjauksista. ECDIS:n tulee pitää kirjaa ENC:n muutoksista kelloaikoiheen. Näistä tulee saada aakkoslistaus, jonka lisäksi navigoijan tulee saada päivityslista tarkistusta ja muutosten toteamista varten. Merikarttalaitosten toimittaman ENC:n ja sen päivitysten formaatti ja siirtomedia tulee olla kansainvälisesti standardisoitu. ECDIS:ssä käytettävän ENC:n tulee olla alkujaan kansallisista merikarttalaitoksista. Aluksella ei saa olla mahdollista muuttaa ENC:n tietosisältöä.

12. Liitännät muihin laitteistoihin

ECDIS ei saa huonontaa minkään muun siihen liitetyn laitteen suorituskykyä.

13. Suorituskykytestit ja varoitukset

ECDIS:n tulee antaa soveltuvat varoitukset järjestelmän virhetoiminnoista, jotta käyttäjä voi varmistua järjestelmän oikeasta toiminnasta.

14. Virtalähteet

ECDIS:n tulee käyttää normaalisti aluksen pääsähköjärjestelmää, mutta sen ja siihen kuuluvien laitteiden tulee pystyä toimimaan myös vaihtoehtoisella energialähteellä. Energialähteen vaihtaminen eikä alle 60 s sähkökatkos saa aiheuttaa järjestelmän manuaalista käynnistystä eikä saa hävittää tietoa.

15. Varmistusjärjestelyt

Sopivien varmistusjärjestelyjen tulee turvata turvallinen navigointi, jos ECDIS ei pysty toimimaan.

Lähdeluettelo:

- [1] North Sea Hydrographic Commission. Report of the NSHC Working Group on Electronic Chart Display Systems (ECDIS). The Hague, February 1986.
- [2] International Hydrographic Organization. Final Report of the IHO Committee on the Exchange of Digital Data (CEDD). Monaco, November 1986.
- [3] International Hydrographic Organization. Format for the Exchange of Digital Hydrographic Data. Monaco, November 1986.
- [4] Korhonen, J. Elektroninen merikartta. Esitys laivojen ohjailu ja navigointi-kurssilla, INSKO 1-87 XI. Helsinki, Tammikuu 1987.
- [5] The North Sea Project. Final Report. A Test Project for Electronic Navigational Chart. Experiences and Conclusions. Norwegian Hydrographic Service. Stavanger, March 1989.
- [6] International Maritime Organization. Provisional Performance Standards for ECDIS. Maritime Safety Commission Circular Letter 515 1989.
- [7] Korhonen, J. A Computer Assisted System for Production of Nautical Charts. 14th International Cartographic Conference. Budapest, 17 - 24 August 1989.
- [8] IHO Committee on ECDIS: Report of the Colours and Symbols Working Group Meeting, Hamburg, 13-14 September 1989.
- [9] Eaton, R.M. GPS and the Electronic Chart will go a Long Way towards Preventing Tanker Groundings. Lighthouse. Edition 41. Spring 1990.
- [10] Provisional Specifications for Chart Content and Display of ECDIS. International Hydrographic Bureau. Special Publication No. 52. Monaco, May 1990.
- [11] Report of the IHO (COE) Working Group on Updating the Electronic Chart. International Hydrographic Bureau. Appendix 1 to Special Publication No. 52. Monaco, June 1990.
- [12] Kerr, A. J. Status Report on Activities of IMO and IHO Concerning the Electronic Chart. International Hydrographic Review, Monaco, LXVII(2), July 1990.
- [13] Kaufmann, R., Glavin, S.J. General Guidelines for the Use of Colour on Electronic Charts. International Hydrographic Review, Monaco, LXVII(2), July 1990.
- [14] Lanziner, H., Michelson, D., Lachance, S., Williams, D. Experiences with a Commercial ECDIS. International Hydrographic Review, Monaco, LXVII(2), July 1990.

- [15] Grant, S., Casey, M., Evangelatos, T., Hecht H. The Management and Dissemination of Electronic Navigational Chart Data in the 1990s. International Hydrographic Review, Monaco, LXVII(2), July 1990.
- [16] Obloy, E. The Liability of the Electronic Chartmaker for Negligent Charting. International Hydrographic Review, Monaco, LXVII(2), July 1990.
- [17] Object Catalogue Revision 1.0 / 5.90. International Hydrographic Organization, Committee on Exchange of Digital Data, Feature Code Working Group. Deutsches Hydrographisches Institut. Hamburg, July 1990.
- [18] IHO DX90: Specifications for the Exchange of Digital Hydrographic Data -1990. Version 1.3. International Hydrographic Organization, Committee on Exchange of Digital Data. Monaco, September 1990.
- [19] Provisional Presentation Standards for ECDIS. International Hydrographic Bureau. Appendix 2 to Special Publication No. 52. Monaco, October 1990.
- [20] Standards for Electronic Chart Display and Information Systems. International Hydrographic Organization. Information Paper No 10. Monaco, October 1990.
- [21] International Hydrographic Organization. Circular Letter 44/1990. Monaco, October 1990.
- [22] The World Centre for Electronic Chart Data. Norwegian Hydrographic Service. Stavanger, November 1990.
- [23] Mukherjee, K. Copyright Control of Nautical Charts. The Prons and Cons. Proceedings of the International Conference on Maritime Law and the Electronic Chart (Draft). Ottawa, Canada, 13 - 15 November, 1990.
- [24] Agnew, H.J., Hammer, I and Parfitt, G. Electronic Chart and YEOMAN - Completing or Complementing? HYDRO'90 Conference Southampton, 18 - 20 December 1990.
- [25] Wright, A.J. Backing up Electronic Charts. Hydrographic Journal, January 1991.
- [26] Smeaton, G.P., Dineley, W.O., Fawcett. S., Busby, J. The Electronic Chart -an Interactive Video Approach. HYDRO'90 Conference, Southampton 18 - 20 December 1990.
- [27] The Seatrans Project 1989-90. Summary of Experiences and Conclusions. Norwegian Hydrographic Service. Stavanger, February 1991.
- [28] The Seatrans Project 1989-90. Final Report Part I. Producing and Updating the Electronic Navigational Chart. Norwegian Hydrographic Service. Stavanger, February 1991.

- [29] The Seatrans Project 1989-90. Final Report Part II. Experiences from the Sea Trials. Norwegian Marine Technology Research Institute A/S. Trondheim, February 1991.
- [30] Dæhlen, M., Strandli, Ø. New Methods for Compression and Manipulation of ECDIS Data. Canadian Hydrographic Conference, Rimourski, Canada, April 1991.
- [31] The Electronic Chart in 1991 - The CHS' Changing Development Role. Canadian Hydrographic Conference, Rimourski, Canada, April 1991.
- [32] Jenkins, D.G. Electronic Charts - Responsibilities and Views of a Governmental Regulatory Authority. Canadian Hydrographic Conference, Rimourski, Canada, April 1991.
- [33] Evangelatos, T. Map and Chart Data Exchange Standards - An Evolving Process. Canadian Hydrographic Conference, Rimourski, Canada, April 1991.
- [34] Minutes of Joint COE/CEDD Meeting held at NOS HQ, Rockville, MD. USA 19-21 November 1990. COE Circular Letter 1/1991. Monaco, April 1991.
- [35] International Hydrographic Bulletin. Notes on pages 220 - 224. International Hydrographic Organization. Monaco, May 1991.
- [36] Report of ECDIS Sea Trials performed on Board HMS BUYSKES of the Netherlands Hydrographic Service. The Hague, May 1991.
- [37] Revisions to Colours and Symbols for ECDIS. Joint Note by CIRM and the IHO. COE Letter on 20 June 1991. Monaco, June 1991.
- [38] Glossary of ECDIS-Related Terms. Revision 1.1. International Hydrographic Organization. Appendix 3 to Special Publication No. 52. Monaco, July 1991.
- [39] Rules for Classification of STEEL SHIPS. Special Equipment and Systems. Additional Class. Part 6 Chapter 8. NAUTICAL SAFETY. Det norske Veritas Classification A/S. Høvik, Norway, July 1991.
- [40] IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. International Hydrographic Bureau. Special Publication No. 57. Monaco, August 1991.
- [41] ECDIS Bibliography. International Hydrographic Bureau. Circular Letter 53/1991. Monaco, 20 August 1991.
- [42] XIV International Hydrographic Conference Circular Letter No 15. International Hydrographic Organization. Monaco, 20 September 1991.
- [43] Seminar on World Electronic Chart Data Base Proposals. International Hydrographic Bureau. Circular Letter 69/1991. Monaco, 10 October 1991.